

# 钢箱梁吊装临时托架方案监理检算分析

文 / 季洪令 广东中交纵横建设咨询有限公司

**摘要:**在建设工程项目中,工程监理是确保施工质量与进度的重要环节。监理人需要对施工组织设计进行严格审查,确保其完整性、合规性、进度计划的合理性、质量保证措施、安全管理措施以及环境保护措施的可行性。本文简述对龙洲路快速化改造工程(伦桂路节点)钢箱梁吊装施工过程中临时托架施工方案的监理实践,从现场施工效果出发,可以为同类工程提供经验借鉴。

**关键词:**钢箱梁吊装;临时托架;方案;监理;分析

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.24.092

## 引言

通过监理人的审查与持续监控,可以确保施工活动与施工方案保持一致,高效而安全地推进工程进度,最终保障工程质量与进度。总监理工程师应组织专业监理工程师审查施工单位报审的施工方案,主要审查施工方案的编审程序是否符合相关规定,工程质量保证措施是否符合有关标准要求,确保方案具有针对性、可操作性和实用性。

## 一、概况

龙洲路钢箱梁拼装支架分为E匝道拼装支架、J匝道拼装支架、G10-G13联钢梁拼装支架、G7-G10钢箱梁拼装支架。G10-G13联钢梁拼装支架分为2种结构形式支架,两种支架均由由 $\phi 529 \times 8$ 钢管构成立柱,立柱之间通过槽16型钢连接成整体,以增强钢管支架整体稳定性,钢管立柱顶部增设横向分配梁,横向分配梁支架设置钢管立柱用以支撑钢箱梁。

G7-G10联钢梁拼装支架分为2种结构形式支架,两种支架均由由 $\phi 529 \times 8$ 钢管构成立柱,立柱之间通过槽16型钢连接成整体,以增强钢管支架整体稳定性,钢管立柱顶部增设横向分配梁,横向分配梁支架设置钢管立柱用以支撑钢箱梁。

## 二、钢梁拼装支架设计方案复核

根据《钢结构设计标准》(GB50017-2017)钢材的设计强度指标,根据钢材牌号、厚度或直径按表1.1取值。

### (一) 计算载荷

#### 1. 结构自重

支架自重模型中自动统计,计算中支架自重考虑1.3倍载荷系数。

#### 2. 钢箱梁重量

钢箱梁重量作为载荷施加在支架上,计算中钢箱梁自重考虑1.5倍载荷系数进行计算。对于支架1,其单跨梁段最大重量为(59+49)t,单跨梁段由横向2片梁组成,单片梁两端各由2个支撑点支撑,单跨梁段由8个支撑点支撑,单个支撑点最大计算载荷为:

$$N=1.5 \times (590+490) / 8=203 \text{ kN}$$

对于支架2,其单跨梁段最大重量为(61+53)t,

单跨梁段由横向2片梁组成,单片梁两端各由2个支撑点支撑,单跨梁段由8个支撑点支撑,同时考虑单跨梁挑臂重量为22t,单个支撑点最大计算载荷为:

$$N=1.5 \times (610+530+220) / 8=255 \text{ kN}$$

对于支架3,其单跨梁段最大重量为(61+53)t,单跨梁段由横向2片梁组成,单片梁两端各由2个支撑点支撑,单跨梁段由8个支撑点支撑,同时考虑单跨梁挑臂重量为10t,单个支撑点最大计算载荷为:

$$N=1.5 \times (610+530+100) / 8=233 \text{ kN}$$

对于支架4,其单跨梁段最大重量为(75+24+69+24+75)=267t,单跨梁段由横向5片梁组成,单跨梁段单侧由6个支撑点支撑,同时考虑单跨梁挑臂重量为20t,单个支撑点最大计算载荷为:

$$N=1.5 \times (2670+200) / 12=359 \text{ kN}$$

对于支架5,其单跨梁段最大重量为(76+89)=165t,单跨梁段由横向5片梁组成,单跨梁段单侧由4个支撑点支撑,同时考虑单跨梁挑臂重量为20t,单个支撑点最大计算载荷为:

$$N=1.5 \times (1650+200) / 8=347 \text{ kN}$$

### 3. 风载荷

根据《建筑结构荷载规范》(GB50009-2012)8.1节,风压与风速的关系为 $w=v^2/1600$ 。风荷载按下式计算:

$$w_k = \beta_z \mu_s \mu_z w_0$$

式中:

$w_k$ ——风荷载标准值(kPa);

$\beta_z$ ——高度z处的风振系数;

$\mu_s$ ——风荷载体型系数;

$\mu_z$ ——风压高度变化系数;

$w_0$ ——基本风压(kPa)。

按A类地区计算风荷载。工作状态最大风强度为八级风,风速 $v=17.8\text{m/s}$ 。

$$\text{基本风压: } w_0 = \frac{v^2}{1600} = \frac{17.8^2}{1600} = 0.2 \text{ kPa}$$

风荷载标准值:计算高度按 $h=30\text{m}$ , $\mu_z=1.52$ ,型钢截面体型系数 $\mu_z=1.3$ ,钢管形体系数 $\mu_z=0.6$ ,阵风系数 $\beta_z=1.0$ 。

将数据带入公式，得工作状态风荷载标准值为：  
矩形截面：

$$w_k = \beta_z \mu_s \mu_z w_0 = 1.0 \times 1.3 \times 1.52 \times 0.2 = 0.40 \text{ kN/m}^2$$

圆管截面：

$$w_k = \beta_z \mu_s \mu_z w_0 = 1.0 \times 0.6 \times 1.52 \times 0.2 = 0.18 \text{ kN/m}^2$$

(二) 工况组合

本计算中，对于支架的最大位移值，按荷载设计标准值进行计算；对于钢梁和导梁应力，按照荷载基本组合进行计算。

本次计算采用极限状态法，根据《建筑结构可靠性设计统一标准》不同荷载组合见下表。

表 1 荷载组合汇总表

序号	工况	建筑结构可靠性设计统一标准	
		强度、稳定性计算	刚度计算
1	施工	$1 \times (1.3S_G + 1.3S_Q + 1.5S_w)$	$S_G + S_Q + S_w$

备注：施工极限工况为偏载情况。风速分别考虑横桥向与纵桥向。

(三) 支架 1

通过有限元软件计算，提取支反力，单桩最大支反力为  $N=367\text{kN}$ 。

根据上述计算结果显示，结构计算最大应力  $f_{\max} = 28\text{Mpa} < f = 215\text{Mpa}$ ，最大位移  $1.1\text{mm} < \frac{1}{400} = \frac{3250}{400} = 8.1\text{mm}$ ，结构强度及刚度满足要求。

(四) 支架 2

通过有限元软件计算，提取支反力，单桩最大支反力为  $N=470\text{kN}$ 。

根据上述计算结果显示，结构计算最大应力  $f_{\max} = 31\text{Mpa} < f = 215\text{Mpa}$ ，最大位移  $2.4\text{mm} < \frac{1}{400} = \frac{3250}{400} = 8.1\text{mm}$ ，结构强度及刚度满足要求。

(五) 支架 3

通过有限元软件计算，提取支反力，单桩最大支反力为  $N=467\text{kN}$ 。

根据上述计算结果显示，结构计算最大应力  $f_{\max} = 119\text{Mpa} < f = 215\text{Mpa}$ ，最大位移  $7.9\text{mm} < \frac{1}{400} = \frac{5000}{400} = 12.5\text{mm}$ ，结构强度及刚度满足要求。

(六) 支架 4

通过有限元软件计算，提取支反力，单桩最大支反力为  $N=655\text{kN}$ 。

根据上述计算结果显示，结构计算最大应力  $f_{\max} = 120\text{Mpa} < f = 215\text{Mpa}$ ，最大位移  $7.3\text{mm} < \frac{1}{400} = \frac{6000}{400} = 15\text{mm}$ ，结构强度及刚度满足要求。

(七) 支架 5

通过有限元软件计算，提取支反力，单桩最大支反力为  $N=469\text{kN}$ 。

根据上述计算结果显示，结构计算最大应力  $f_{\max} = 159\text{Mpa} < f = 215\text{Mpa}$ ，最大位移  $10.8\text{mm} < \frac{1}{400} = \frac{5000}{400} = 12.5\text{mm}$ ，结构强度及刚度满足要求。

(八) 扩大基础计算

拼装支架通过下底座与预埋钢板进行焊接，预埋钢板尺寸直径  $750 \times 20\text{mm}$  坐落于 C30 扩大基础上，扩大基础尺寸为  $4.0\text{m} \times 1.6\text{m} \times 0.7\text{m}$  (长  $\times$  宽  $\times$  高)。

(1) 混凝土基础顶面所受最大压应力，条形基础顶面所受最大压应力为：

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{655000}{3.14 \times 375^2} = 1.5\text{Mpa} < 14.3\text{Mpa}$$
，满足要求。

(2) 地基承载力计算，对于支架 4，2 根钢管立柱最大支反力合力为  $1399\text{kN}$ ，则，条形基础对地基压力为：

$$\sigma = \sigma_1 + \sigma_2 = \frac{F_1 \ddot{U}}{S} + \gamma h = \frac{655 + 639}{4 \times 1.6} + 0.7 \times 26 = 221\text{kPa} < 300\text{kPa}$$
，

地基承载力满足要求。

(1) 扩大基础结构

截面尺寸：B=1600mm，H=700mm；

保护层厚度：Ca=50mm，ho=H-2Ca=600mm；

混凝土 C30：

$$f_c = 14.3 \text{ N/mm}^2, f_t = 1.43 \text{ N/mm}^2, E_c = 30000 \text{ N/mm}^2, \beta_c = 1.0$$

普通钢筋和箍筋 HRB400：

$$f_y = 360 \text{ N/mm}^2, E_s = 200000 \text{ N/mm}^2, \alpha_1 = 1.0, \beta_1 = 0.8$$

(2) 正截面配筋

采用倒梁法计算的到条形基础的弯矩和剪力如下图所示。

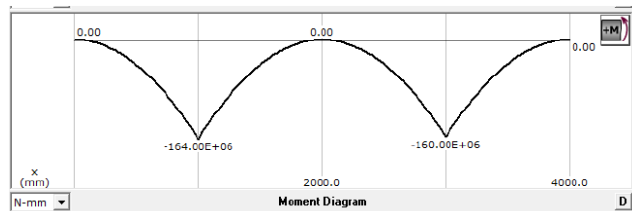


图 1 条形基础弯矩图

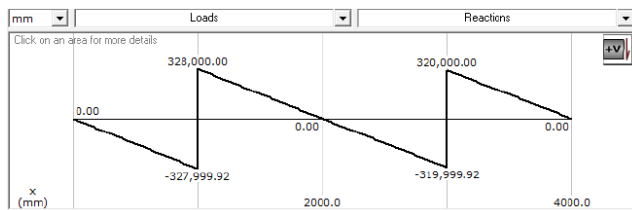


图 2 条形基础剪力图

采用倒梁法计算的到条形基础的弯矩和剪力。下部受拉弯矩设计值： $M = 164\text{kN} \cdot \text{m}$ ，截面混凝土充分受压，则：

$$x = \xi_b h_0 = \left( \beta_1 / \left( 1 + \frac{f_y}{0.0033 E_s} \right) \right) h_0 = 0.52 \times 600 = 312\text{mm}$$

依《混凝土结构设计规范》附录 E：

$$A_s' = \frac{M - \alpha_1 f_c b x (h_0 - 0.5x)}{f_y (h_0 - \alpha_s')} =$$

$$\frac{164000000 - 1.0 \times 14.3 \times 1600 \times 312 \times (600 - 0.5 \times 312)}{360 \times (600 - 50)} < 0$$

说明可接单筋梁计算：令  $A_s' = 0$

$$\frac{2M}{\alpha_1 f_c b} = 2h_0 x - x^2$$

从而：

$$x = h_0 - \sqrt{h_0^2 - \frac{2M}{\alpha_1 f_c b}} = 600 - \sqrt{600^2 - \frac{2 \times 164000000}{1.0 \times 14.3 \times 1600}} = 122\text{mm}$$

依《混凝土结构设计规范》6.2.10-2式：

$$A_s = \frac{\alpha_1 f_c b x}{f_y} = \frac{1.0 \times 14.3 \times 1600 \times 12}{360} = 763\text{mm}^2$$

选用6根Φ16钢筋，实际配筋 $A_s = 1206\text{mm}^2 > 763\text{mm}^2$ ，  
验算最小配筋率：

$$\rho = \frac{A_s}{bh_0} = \frac{2 \times 1206}{1600 \times 700} \times 100\% = 0.22\% > \max\{\rho_{\min}$$

$$\max\{\rho_{\min} = 45 \frac{f_t}{f_y} \% = 0.18\%, 0.2\%\}$$

满足设计及规范要求。

### (3) 斜截面配筋

剪力设计值： $V=328\text{kN}$ ，首先检查受剪截面：

$$\frac{h_w}{b} = \frac{700}{1600} \leq 4$$

$$V = 328000 < 0.25 \beta_c f_c b h_0 = 0.25 \times 1.0 \times 14.3 \times 1600 \times 700 = 4004000\text{N}$$

受剪截面符合要求。

依据《混凝土结构设计规范》6.3.4款计算箍筋：

$$\frac{A_{sv}}{s} = \frac{V - 0.7 f_t b h_0}{f_{yv} h_0} = \frac{328000 - 0.7 \times 1.43 \times 1600 \times 700}{360 \times 700} < 0$$

按最小配箍要求配置箍筋：

$$\rho_{sv} = \frac{A_{sv}}{bs} = \frac{1206}{1600 \times s} \geq 0.24 \frac{f_t}{f_{yv}} = 0.095\%$$

实际取 $S = 300\text{mm}$

$$\rho_{sv} = \frac{A_{sv}}{bs} = \frac{1206}{1600 \times 300} = 0.25\% \geq 0.095\%$$

根据上述计算，条形基础满足要求。

### (九) 钢管整体稳定性

对进行模态分析，提取前5阶模态，根据上述计算结果可知，支架第一阶模态为6.7>4，钢管整体稳定性满足要求。

### (十) 直径529×8钢管稳定性计算

支架4单根钢管受力最大，对支架4钢管结构进行稳定性验算，直径529×8钢管最大轴力钢管内力：轴力 $F=327\text{kN}$ ， $M=4\text{kN}\cdot\text{m}$ ，钢管计算自由长度为2m；

(1) 对于支架1：

$$\text{计算长度：} L_x = L_y = 5000\text{mm}；$$

$$\text{长细比：} \lambda_x = \lambda_y = \frac{5000}{i} = 27；$$

查得轴心受压稳定性系数为：

$$\frac{N}{\varphi_x A} + \frac{\beta_{mx} M_x}{\gamma_x W_{1x} \left(1 - 0.8 \frac{N}{N'_{Ex}}\right)} \leq f$$

式中：

$N$ —轴心压力，本计算取980kN；

$\varphi_x$ —轴心受压稳定性系数，取为0.946；

$A$ —截面面积，取为13094mm<sup>2</sup>。

$\beta_{mx}$ —等效弯矩系数，按规范取为1.0；

$M_x$ —计算构件范围内的最大弯矩，弯矩 $M=11\text{kN}\cdot\text{m}$ ；

$\gamma_x$ —截面塑性发展系数，取1.15；

$W_{1x}$ —截面模量，截面模量为1680117mm<sup>3</sup>；

$N'_{Ex}$ —参数， $N'_{Ex} = \pi^2 EA / (1.1 \lambda_x^2) = 33808\text{kN}$ ；

代入上式：

$$\begin{aligned} & \frac{N}{\varphi_x A} + \frac{\beta_{mx} M_x}{\gamma_x W_{1x} \left(1 - 0.8 \frac{N}{N'_{Ex}}\right)} \\ &= \frac{980000}{0.946 \times 13094} + \frac{11 \times 1000000}{1.15 \times 1680117 \times \left(1 - 0.8 \times \frac{980}{33808}\right)} = \end{aligned}$$

$$85\text{MPa} < f = 215\text{MPa}$$

Φ529×8钢管立柱稳定性满足设计及规范要求。

### 三、复核结论

根据龙洲路钢箱梁拼装支架复核计算结果，复核结论如下：

1、钢梁拼装过程中，拼装支架最大应力 $f_{\max} = 159\text{MPa} < f = 215\text{MPa}$ ，支架强度满足要求。

2、钢箱梁拼装过程中，拼装支架最大竖向变形 $10.8\text{mm} < \frac{L}{400} = 12.5\text{mm}$ ，支架刚度满足要求。

3、支架整体稳定性计算，支架第一阶模态为6.7>4，钢管整体稳定性满足要求。

4、支架钢管立柱局部稳定性为 $64\text{MPa} < f = 215\text{MPa}$ ，钢管立柱抗压稳定性满足要求。

5、扩大基础计算，扩大基础承载力 $\sigma = \sigma_1 + \sigma_2 = 221\text{kPa} < 300\text{kPa}$ ，地基基础承载力满足要求，扩大基础配筋满足要求。

### 结语

本文通过对龙洲路钢箱梁拼装支架的监理验算，分析钢梁拼装过程中托架的实际受力特点以及应力分布情况，通过对施工单位设计计算数据与监理验算数据进行比较，探讨产生差异的原因。通过监理人对施工组织设计的深入审查与持续监控，可以有效地保障工程质量与进度，最终使得建设项目能够顺利完成，符合业主和使用者的期许，为今后类似工程监理提供参考。

### 参考文献

- [1] 《公路桥涵施工技术规范》(JTG/TF50-2011)。
- [2] 《钢结构设计规范》(GB50017-2013)。
- [3] 《路桥施工计算手册》(周水兴,何兆意,邹毅松.人民交通出版社)。
- [4] 《建筑结构静力计算手册》——中国建筑工业出版社。
- [5] 《建筑结构荷载规范》GB50009-2001。